

**INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)**

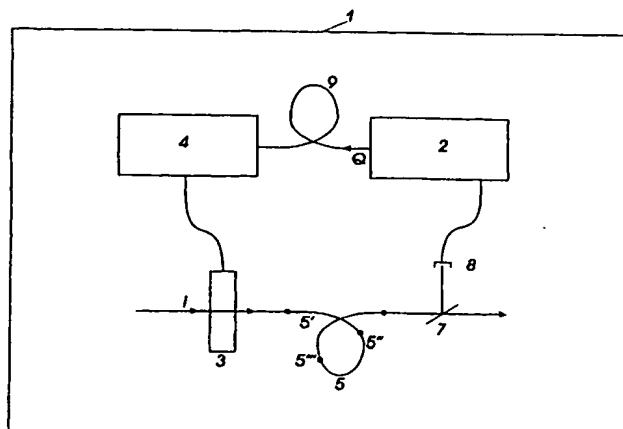
<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :</b>  <b>H04B 10/135</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 00/46942</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 10. August 2000 (10.08.00)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP00/00320 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 17. Januar 2000 (17.01.00)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 199 04 137.7      3. Februar 1999 (03.02.99)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> DULTZ, Wolfgang [DE/DE]; Marienberger Strasse 37, D-65396 Frankfurt (DE). BERES- NEV, Leonid [RU/US]; 10730 Faulkner Ridge Circle, Co- lumbia, MD 21044 (US). FRINS, Ema [UY/UY]; Garibaldi 2859 Ap. 403, 11600 Montevideo (UY). KÜPPERS, Franko [DE/DE]; Pupinweg 3, D-64295 Darmstadt (DE). SCHMITZER, Heidrun [DE/DE]; König-Philipp-Weg 25, D-93051 Regensburg (DE). VOBIAN, Joachim [DE/DE]; Am Hang 6, D-64367 Mühlthal (DE). WEIERSHAUSEN, Werner [DE/DE]; Alte Darmstädter Strasse 17, D-64367 Mühlthal (DE).  <b>(74) Gemeinsamer Vertreter:</b> DEUTSCHE TELEKOM AG; Rechtsabteilung (Patente) PA1, D-64307 Darmstadt (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

**(54) Title:** REDUCTION OF THE DISTORTION OF OPTICAL IMPULSES THROUGH POLARISATION MODE DISPERSION IN OPTICAL TRANSMISSION SYSTEMS

**(54) Bezeichnung:** REDUKTION DER VERZERRUNG VON OPTISCHEN IMPULSEN DURCH DIE POLARISATIONS-MODENDIS-PERSION IN OPTISCHEN ÜBERTRAGUNGSSYSTEMEN

**(57) Abstract**

When an optical impulse with any polarisation is transmitted through an optical transmission system which is optically anisotropic at least in sections, the optical impulse is generally distorted due to the different speeds for the different polarisation components. This distortion of the optical impulses reduces the maximum transmission of the system in particular. This can be resolved with a method in which a polarisation setting device for setting the polarisation of the optical impulse is controlled in such a way as to maximise the transmission performance, in accordance with the determined transmission performance of the transmission system; and with an optical transmission system comprising an optical transmission medium, a device for determining the transmission performance of the transmission system, a regulating device and a polarisation setting device. The output signal of the device for determining the transmission performance of the transmission system is adjacent to the regulating device which controls the polarisation setting device for modifying the polarisation of the optical impulses in such a way as to optimise the transmission performance.



### (57) Zusammenfassung

Bei der Transmission eines optischen Impulses mit beliebiger Polarisation durch ein optisches Übertragungssystem, welches zumindest abschnittsweise optisch anisotrop ist, wird im allgemeinen der optische Impulse aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten für die verschiedenen Polarisationskomponenten verzerrt. Diese Verzerrung der optischen Impulse vermindert insbesondere die maximale Übertragungsrate des Systems. Eine Abhilfe schafft einerseits ein Verfahren, bei welchem unter Ansprechen der erfassten Übertragungsgüte des Übertragungssystems eine Polarisationsstelleinrichtung zum Einstellen der Polarisation des optischen Impulses derart angesteuert wird, dass die Übertragungsgüte maximiert wird und zum anderen ein optisches Übertragungssystem, welches ein optisches Übertragungsmedium, eine Einrichtung zur Bestimmung der Übertragungsgüte des Übertragungssystems, eine Regeleinrichtung und eine Polarisationsstelleinrichtung umfasst. Das Ausgangssignal der Einrichtung zur Bestimmung der Übertragungsgüte des Übertragungssystems liegt an der Regeleinrichtung an, welche die Polarisationsstelleinrichtung zum Verändern der Polarisation der optischen Impulse derart ansteuert, dass eine Optimierung der Übertragungsgüte erfolgt.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## Reduktion der Verzerrung von optischen Impulsen durch die Polarisationsmodendispersion in optischen Übertragungssystemen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion der Verzerrung von optischen Impulsen in optischen Übertragungssystemen nach Anspruch 1 und ein optisches Übertragungssystem mit reduzierter Verbreiterung der das System durchlaufende optische Impulse nach Anspruch 5.

In der optischen Nachrichtenübertragung werden häufig optische Komponenten, beispielsweise optische Bauelemente und Glasfasern verwendet, die nur in erster Näherung isotrop oder von Natur aus optisch nicht isotrop sind. Beispielsweise weisen die in photonischen Netzen verwendeten Glasfasern im allgemeinen aufgrund des Herstellungsprozesses und des Aufbaus oder durch äußere Umstände, wie beispielsweise Temperatur- und Druckschwankungen, aber auch Biegungen der Faser selbst, optische Anisotropien auf. Diese, zum Teil ortsabhängigen Anisotropien haben auch eine optische Doppelbrechung zur Folge, die auch von Ort zu Ort in der Faser variieren kann. Die Doppelbrechung führt dazu, daß sich in einem betrachteten Faserabschnitt zwei orthogonal polarisierte Eigenwellen des Lichtes mit unterschiedlicher Phasengeschwindigkeit ausbreiten. Für den allgemeinen Fall der Transmission eines optischen Signals, insbesondere eines optischen Impulses mit beliebiger Polarisation durch die Faser bedeutet dies, daß der optische Puls aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeit der verschiedenen Polarisationskomponenten im Verlauf des Fortpflanzens verzerrt, d.h. verbreitert wird. Diese Verbreiterung der optischen Impulse limitiert insbesondere die Übertragungsrate im Übertragungssystem.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Reduktion der Verzerrung von optischen Impulsen in optischen Übertragungssystemen aufgrund der Polarisationsmodendispersion bereitzustellen, das

kostengünstig durchgeführt werden kann, flexibel an das jeweilige optische Übertragungssystem angepaßt werden kann und insbesondere auch dynamische Fluktuationen in Bezug auf die Doppelbrechung berücksichtigt. Weiterhin soll ein entsprechendes optisches Übertragungssystem bereitgestellt werden, welches die erwähnten Nachteile der Systeme nach dem Stand der Technik nicht aufweist.

Dieses technische Problem löst die Erfindung zum einen mit den Verfahrensschritten umfassend die Merkmale des Anspruchs 1 und zum anderen mit den Merkmalen des Anspruchs 5.

Um die Übertragungsgüte im optischen Übertragungssystem auf einem optimalen Wert zu halten wird die Übertragungsgüte erfaßt und ein entsprechendes Signal an eine Regeleinrichtung angelegt, die eine Polarisationsstelleinrichtung zum Verändern des Polarisationszustandes der optischen Impulse ansteuert. Die Regeleinrichtung regelt die Polarisation der optischen Impulse derart, daß die Übertragungsgüte optimiert ist.

Allgemein läßt sich eine beliebige Transmissionseinrichtung, beispielsweise eine optische Faser oder eine andere optische Komponente bezüglich ihrer Doppelbrechungseigenschaften aus einer Reihe von doppelbrechenden Platten darstellen, von denen jede eine andere, statistisch variierende Doppelbrechung, Verzögerung und Orientierung aufweist. Ein derartiger Satz von doppelbrechenden Platten ist für eine bestimmte Wellenlänge charakteristisch und daher von der Frequenz des einfallenden Lichtes abhängig.

Die Erfindung setzt auf der Erkenntnis auf, daß beispielsweise eine reale Glasfaser im allgemeinen durch einen Plattensatz repräsentiert wird, der nicht durch eine stochastische Anordnung von doppelbrechenden Platten charakterisiert wird, sondern daß es zumindest eine bevorzugte, d.h. im wesentlichen konstante Doppelbrechung in bestimmten Abschnitten der Faser gibt. Dies bedeutet, daß die

optischen Eigenschaften in den genannten Abschnitten der Faser mittels einer einzelnen, dicken und/oder stark doppelbrechenden Platte beschrieben werden können. Ein sich innerhalb eines derartigen Abschnittes im Sinne eines optischen Pulses fortpflanzendes Informationssignal, welches in beide (Eigen)-Polarisationszustände des bevorzugt doppelbrechenden Faserstückes in gleichem Maße einkoppelt, wird in zwei Impulse von gleicher Intensität, aber von orthogonaler Polarisation aufgespalten. Beide Impulsanteile weisen im Medium eine unterschiedliche Gruppengeschwindigkeit auf, wodurch eine besonders hohe Verzerrung, d.h. Verbreiterung des ursprünglich eingekoppelten Signalpulses durch die Polarisationsmodendispersion auftritt, was insbesondere die Nachrichtenübertragungsrate beschränkt.

Das Prinzip der Erfindung besteht darin, dafür zu sorgen, daß der optische Impuls sich innerhalb des optischen Übertragungssystems, das zumindest einen Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung aufweist, derartig fortpflanzt, daß das Signal im genannten Abschnitt eine Polarisation aufweist, die einen der beiden Hauptpolarisationszustände des Abschnittes, beispielsweise eines Faserstückes, entspricht. Dadurch wird erreicht, daß die Impulsform bei der Transmission durch den Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung nicht verbreitert wird. Die optischen Impulse pflanzen sich innerhalb des Abschnittes mit bevorzugter Doppelbrechung nur in einem der beiden möglichen Kanäle fort, das heißt entweder in dem mit der hohen Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder dem mit der langsamen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, womit die optischen Impulse nicht aufgespalten oder verbreitert, sondern nur beschleunigt oder verzögert werden. Dies bleibt jedoch ohne nachteilige Folge in Bezug auf die Übertragungsrate, da die gesamte Impulsfolge eine Beschleunigung oder Verzögerung erfährt. Damit wird sichergestellt, daß der Abschnitt des optischen Übertragungsmediums, welcher eine bevorzugte Doppelbrechung aufweist und somit wesentlich zur Verbreiterung der optischen Impulse beitragen kann, in Bezug auf die

Polarisationsmodendispersion innerhalb des gesamten Übertragungssystems „eliminiert“ wird. Die verbleibende Verbreiterung des optischen Impulses wird somit nur noch durch die restlichen Abschnitte des Übertragungssystems hervorgerufen, welche beispielsweise durch eine stochastische Anordnung von dünnen doppelbrechenden Platten beschrieben werden kann. Die durch diese anderen Abschnitte des Übertragungssystems hervorgerufene Verbreiterung des optischen Impulses ist jedoch sehr viel geringer im Vergleich zu der möglichen Verzerrung des Impulses innerhalb des Abschnittes mit bevorzugter Doppelbrechung für den Fall, daß das Licht den letztgenannten Abschnitt nicht nur in einem der Hauptpolarisationszustände durchquert.

Die vorstehenden Erläuterungen gelten einerseits für den Fall, daß die optischen Impulse mittels der Polarisationsstelleinrichtung vor dem Eintritt in das optische Übertragungssystem derartig verändert werden, daß der Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung in einem der Hauptpolarisationszustände des Abschnittes durchquert wird und gilt andererseits auch für den Fall, daß nur der Teil des optischen Informationssignals für die Datenübertragung berücksichtigt wird, welcher in einem der Hauptpolarisationszustände des Abschnittes mit bevorzugter Doppelbrechung durch diesen Abschnitt transmittiert wird. Beide Fälle beruhen auf dem erläuterten Prinzip der Erfindung und sind demgemäß äquivalent.

Erfindungsgemäß wird die Polarisationsstelleinrichtung zum Verändern der Polarisation des Informationssignals von der Regeleinrichtung derart angesteuert, daß die Übertragungsgüte maximiert wird. Diese geregelte maximale Übertragungsgüte korrespondiert demnach beispielsweise mit dem Fall, daß das optische Informationssignal sich innerhalb des Abschnittes mit bevorzugter Doppelbrechung in einem der beiden Hauptpolarisationszustände fortpflanzt oder daß nur der Teil des optischen Informationssignals berücksichtigt wird, auf den dieses zutrifft.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Maximierung der Übertragungsgüte zeitlich beabstandet wiederholt durchgeführt. Damit lassen sich zeitliche Fluktuationen der Größe und Orientierung der Doppelbrechung, die einen negativen Einfluß auf die Verzerrung der optischen Impulse haben können, vermindern. Diese, schon oben stehend erwähnten Fluktuationen, beispielsweise durch Temperaturschwankungen in einer optischen Faser hervorgerufen, können bewirken, daß die optischen Impulse den Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung nicht mehr in einem von dessen Hauptpolarisationszustände durchqueren. Mittels der zeitlich beabstandeten Wiederholung der Maximierung der Übertragungsgüte wird die durch die Fluktuation hervorgerufene Verbreiterung des optischen Impulses wieder rückgängig gemacht.

Um der zeitlichen Veränderung des Polarisationszustandes am Eingang des optischen Übertragungssystems Rechnung zu tragen, kann dem Übertragungssystem das Polarisationsstellelement vorgeschaltet sein. Durch die Regelung des Polarisationsstellelementes wird sichergestellt, daß der Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung trotz zeitlich fluktuierender Größe und Orientierung der Doppelbrechung innerhalb des Übertragungssystems, von den optischen Impulsen in einem der beiden Hauptpolarisationszustände des Abschnittes durchquert wird.

Um das Licht verlustlos in den notwendigen Polarisationszustand umzuwandeln, kann die Polarisationsstelleinrichtung eine  $\lambda/4$ - eine  $\lambda/2$ - und eine weitere  $\lambda/4$ -Verzögerungseinrichtung umfassen, wobei die Verzögerungseinrichtungen hintereinander angeordnet und jeweils einstellbar sind. Mit einer solchen Polarisationsstelleinrichtung kann Licht, beispielsweise Lichtimpulse mit einem beliebigen Polarisationszustand in Licht mit einem anderen, beliebigen Polarisationszustand übergeführt werden.

Die Polarisationsstelleinrichtung kann aber auch am Ausgang des Übertragungssystems angeordnet sein, was die Regelung vereinfacht, da die Ermittlung der Übertragungsgüte genauso wie die Regelung als auch die Polarisationsstelleinrichtung am gleichen Ort durchgeführt wird. Um nur den Anteil des Lichtes zu berücksichtigen, welches sich in dem Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung in einem der Hauptpolarisationszustände fortgepflanzt hat, ist hinter den Polarisationsstellelementen zusätzlich ein Analysator angeordnet.

Ist dieser Analysator ein linearer Analysator, so vereinfacht sich die Polarisationsstelleinrichtung dahingehend, daß diese nur eine  $\lambda/4$ - und eine  $\lambda/2$ -Verzögerungseinrichtung umfaßt, die jeweils einstellbar, das heißt drehbar sind. Mit einer derartigen Polarisationsstelleinrichtung kann Licht mit einer beliebigen Polarisation - hier Licht, welches den Abschnitt mit bevorzugter Doppelbrechung in einem von dessen Hauptpolarisationszustände transmittiert hat - in Licht mit einer linearen Polarisation - hier Licht, welches in Durchlassrichtung zum Analysator polarisiert ist - überführt werden.

In beiden das Prinzip der Erfindung nutzenden Anordnungen und Verfahren können die verwendeten Verzögerungseinrichtungen je nach spezieller Anwendung, beispielsweise in Abhängigkeit der verwendeten Wellenlänge ein Flüssigkristallelement oder einen elektrooptischen Kristall umfassen. Diese Verstellelemente weisen den Vorteil auf, daß sie antriebslos, das heißt elektrisch verstellt werden können. Erfolgt die Regelung mit nicht zu hohen Frequenzen, können auch einfache, mechanisch bewegliche Stellelemente verwendet werden.

Die Erfindung wird im folgenden unter Zugrundelegen einiger Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, wobei



- Fig. 1 eine Ausführungsform der Erfindung zeigt, bei welcher das Polarisationsstellelement vor dem optischen Übertragungssystem angeordnet ist und
- Fig. 2 eine Ausführungsform der Erfindung zeigt, bei welcher das Polarisationsstellelement am Ausgang des Übertragungssystems plaziert ist.

Erfindungsgemäß umfaßt das optische Übertragungssystem mit reduzierter Verzerrung der das System durchlaufenden optischen Impulse ein optisches Übertragungsmedium, das sich aus verschiedenen Abschnitten zusammensetzt. Diese können optische Komponenten, beispielsweise Faserkoppler, Schalter, Verstärker und andere Bauelemente, aber auch optische Leitungen (Fasern) umfassen. Zumindest ein Abschnitt des Übertragungssystems weist eine bevorzugte Doppelbrechung auf. Weiterhin umfaßt das erfindungsgemäße optische Übertragungssystem eine Einrichtung zur Bestimmung der Übertragungsgüte am Ende des Übertragungssystems. Diese Einrichtung gibt ein von der Übertragungsgüte abhängiges Ausgangssignal ab, welches am Eingang einer Regeleinrichtung anliegt. Diese Regeleinrichtung steuert eine Polarisationsstelleinrichtung an, die von den optischen Impulsen transmittiert wird und somit zum Verändern der Polarisation der optischen Impulse eingerichtet ist. Unter Ansprechen der erfaßten Übertragungsgüte des Übertragungssystems wird die Polarisationsstelleinrichtung derartig angesteuert, daß die Übertragungsgüte maximiert wird, d. h. die verschiedenen Parameter zum Einstellen der Stellelemente der Polarisationsstelleinrichtung werden solange verändert, bis die Übertragungsgüte optimal ist und sich nicht weiter verbessern läßt.

Im einzelnen erfolgt die Regelung des Polarisationsstellelementes so, daß die Übertragungsgüte gemessen wird, das Stellelement anschließend etwas in eine beliebige Richtung in einem Parameterraum verstellt wird.

Daraufhin wird die Übertragungsgüte erneut gemessen. Ist die Übertragungsgüte größer geworden, so verstellt die Regeleinrichtung das Stellelement weiter in diese Richtung, ansonsten in die entgegengesetzte Richtung. Ändert sich die Übertragungsgüte wenig oder gar nicht, so verstellt die Regeleinrichtung das Polarisationsstellelement in eine zur ersten orthogonalen Richtung im Parameterraum. Dieses Verfahren führt zu einem lokalen Maximum der Übertragungsgüte im Parameterraum des Polarisationsstellelementes. Das Verfahren wird in gewissen Abständen wiederholt und die Übertragungsgüte des Übertragungssystems dadurch auf einem hohem Niveau gehalten.

Zur Feststellung der Übertragungsgüte kann beispielsweise die Bitfehlerrate dienen. Sie wird mit speziellen Meßinstrumenten ermittelt und gibt als Verhältnis an, wieviel Lesefehler in einer bekannten Folge von übertragenen Impulsen auftreten. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung dient als Maß für die Übertragungsgüte des Übertragungssystems das sogenannte Augendiagramm. Weiterhin kann auch die Polarisationsmodendispersion selbst als Maß für die Übertragungsgüte dienen. Wie die Bitfehlerrate und das Augendiagramm kann diese allerdings nur mit relativ viel Aufwand bestimmt werden. Daher findet in den meisten Ausführungsformen der Erfindung die bei vielen digitalen Übertragungsverfahren übliche Redundanzüberwachung Anwendung, um ein Maß für den Übertragungsfehler und damit die Übertragungsgüte im Übertragungssystem zu erhalten.

Bei der Redundanzüberwachung werden aus dem zu übertragenden Datensatz (Payload) die sogenannte Paritätsinformationen (Parity Bytes) berechnet und dem Datensatz hinzugefügt. Die Paritätsinformation wird aus einer einfachen Berechnung gewonnen. Momentan ist sie für optische Übertragungssysteme mit synchroner digitaler Hierarchie definiert als Rest einer Quotientenbildung aus dem Payloadcode und einem

voreingestellten Schlüsselcode. An allen Punkten der optischen Übertragungsstrecke, an denen die Signale digital ausgewertet werden können, kann die Paritätsinformation entnommen und Datenblöcke mit fehlerhaften Informationen sofort erkannt werden. Im Gegensatz zur Bitfehlerrate gestattet die beschriebene Redundanzüberwachung nur die Bestimmung einer Datenblockfehlerrate, da jedem Parity Byte jeweils ein ganzer Datensatz zugeordnet ist, der demnach nur als Ganzes überprüft werden kann. Da bei der Signalverzerrung, das heißt der Verbreiterung des optischen Impulses aufgrund der Polarisationsmodendispersion aber typischerweise keine sogenannten Burstfehler auftreten, d. h. die Fehler in etwa zeitlich gleich verteilt sind, ist die Redundanzüberwachung und ein sich daraus ergebendes Signal Q als Eingangssignal für die Regelungseinrichtung geeignet.

Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen optischen Übertragungssystems 1 mit reduzierter Verzerrung des das System durchlaufende Informationssignal. Das optische Informationssignal in Form von optischen Impulsen transmittiert durch ein Polarisationsstellelement 3 bevor es in das optische Übertragungsmedium 5 eintritt. Dieses optische Übertragungsmedium 5 umfaßt verschiedene Abschnitte 5', 5'', 5''', wobei in dem vorliegenden Beispiel der Abschnitt 5'' ein Abschnitt ist, in welchem eine bevorzugte Doppelbrechung auftritt. Im vorliegenden Fall stellt das optische Übertragungsmedium eine Glasfaserstrecke dar. Die anderen Abschnitte 5', 5''' weisen in Bezug auf die Doppelbrechung eine stochastische Verteilung auf. Diese Bereiche lassen sich demnach durch eine zufällig Anordnung von doppelbrechenden Platten charakterisieren. Hinter dem Übertragungsmedium fällt das optische Informationssignal, beispielsweise ein optischer Impuls auf einen Strahlteiler 7, welcher einen geringen Teil des nachrichtenübertragenden Lichtstromes auskoppelt. Ein Detektor 8 wandelt den ausgekoppelten Teil des

Informationssignals in ein elektrisches Signal um, welches an einer Einrichtung 2 zur Bestimmung der Übertragungsgüte des Übertragungssystems 1 anliegt. In der Einrichtung 2 wird mittels der oben beschriebenen Redundanzüberwachung ein Signal Q erzeugt, welches ein Maß für die Übertragungsgüte darstellt. Dieses Signal wird über eine Datenleitung 9, welche im wesentlichen parallel zum optischen Übertragungsmedium 5 verläuft, zur Regeleinrichtung 4 als Eingangssignal geführt. In einer bestimmten Ausführungsform der Erfindung ist die Datenleitung 9 ein spektraler Kanal der optischen Faser 5. Die Regeleinrichtung steuert die Polarisationsstelleinrichtung 3 zum Verändern der Polarisation des Informationssignals I an.

Zur Reduktion der Verzerrung, beispielsweise der Verbreiterung von Informationssignalen, d.h. der optischen Impulse, wird unter Ansprechen der erfaßten Übertragungsgüte des Übertragungssystems 1 die Polarisationsstelleinrichtung 3 von der Regeleinrichtung 2 derart angesteuert, daß die Übertragungsgüte maximiert wird. Die oben stehende beschriebene Regelung hat zur Folge, daß das Licht in dem Abschnitt 5'' mit der bevorzugten Doppelbrechung eine Polarisation aufweist, die einem der Hauptpolarisationszustände des Abschnittes entspricht, so daß innerhalb dieses Bereiches keine Verzerrung, das heißt z.B. Verbreiterung des Signals auftritt. Auf diese Weise wird bezüglich der Polarisationsmodendispersion der Bereich „eliminiert“, welcher ansonsten wesentlich zur Verzerrung des Signals beitragen würde.

Um zeitliche Fluktuationen der Doppelbrechung und die daraus resultierenden Folgen zu kompensieren, ist vorgesehen, die Maximierung der Übertragungsgüte zeitlich beabstandet wiederholt durchzuführen. Damit wird erreicht, daß zu jedem beliebigen Zeitpunkt die Polarisation des Lichtes innerhalb des Abschnittes 5'' mit der bevorzugten Doppelbrechung immer

parallel zu einem der Hauptpolarisationszustände des Abschnittes der Übertragungsmediums polarisiert ist.

Die Polarisationsstelleinrichtung 3 in Fig. 1 umfaßt eine  $\lambda/4$ -, eine  $\lambda/2$ - und eine weitere  $\lambda/4$ -Verzögerungseinrichtung, wobei diese Verzögerungseinrichtungen hintereinander angeordnet und jeweils einstellbar, das heißt drehbar sind. Die drei Freiheitsgrade der Polarisationsstelleinrichtung werden über die Regeleinrichtung 4 entsprechend dem oben stehenden Verfahren geregelt. Mittels der gesamten Einrichtung 3 läßt sich jede beliebige Polarisation in eine weitere beliebige Polarisation umwandeln. Als Verzögerungseinrichtungen können Flüssigkristallelemente, elektrooptische Kristalle oder mechanisch, elektromotorisch oder piezoelektrisch verstellbare Verzögerungseinrichtungen, beispielsweise Faserschleifen umfaßt sein.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei welcher die Polarisationsstelleinrichtung 3 hinter dem Übertragungssystem umfassend das Übertragungsmedium 5 mit zumindest einem Abschnitt 5'', welcher eine bevorzugte Doppelbrechung aufweist, angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsform befindet sich hinter der Polarisationsstelleinrichtung ein Analysator 6, welcher die signalverbreiternden oder -verzerrenden Polarisationsanteile des optischen Nachrichtenflusses je nach Ausführungsform des Analysators absorbiert oder deflektiert. Wieder wird ein geringer Teil des Nachrichtenflusses mittels des Strahlteilers 7 abgespalten und dem Detektor 8 zugeführt. Mit dessen Ausgangssignal wird eine Regeleinrichtung 2 gespeist, welche ein Signal Q abgibt, das ein Maß für die Übertragungsgüte ist. Dieses Signal wiederum ist die Eingangsgröße für die Regeleinrichtung 4, welche die Polarisationsstelleinrichtung 3 ansteuert. In der beschriebenen Ausführungsform der Erfindung umfaßt der Analysator 6, wie oben stehend dargestellt, einen linearen

Polarisator, so daß das Polarisationsstellelement nur noch einen beliebigen Polarisationszustand in einen festen linearen Polarisationszustand umwandeln muß. Dies läßt sich mit einer  $\lambda/4$ - und einer  $\lambda/2$ -Verzögerungseinrichtung realisieren, die hintereinander angeordnet und jeweils einstellbar, das heißt drehbar ist.

Die optimale Einstellung der Polarisationsstelleinrichtung liegt dann vor, wenn das Licht, das in dem Faserstück mit bevorzugter Doppelbrechung den einen Hauptpolarisationszustand einnahm, auf Licht mit der Durchlaßpolarisation des Analysators abgebildet wird, wohingegen das Licht, das den anderen Polarisationszustand einnahm, auf Licht mit dem Sperrpolarisationszustand des linearen Polarisators abgebildet wird. Bevorzugt sollte das Licht, welches auf die Durchlaßpolarisation des Analysators abgebildet wird, den höheren Intensitätsanteil der gesamten Signalintensität aufweisen. Aus diesem Grund ist das Regelgerät derartig eingerichtet, daß es bei zu geringer optischer Intensität des Nachrichtenflusses hinter dem Analysator auf die andere Hauptpolarisationsrichtung des Abschnittes des Übertragungssystems, vorliegend eines Faserstückes 5'' mit der bevorzugten Doppelbrechung umschaltet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann anstelle des Strahlteilers 7 und des Detektors 8 in Figuren 1 und 2 die Messung der Übertragungsgüte gleichzeitig mit der Detektion der Information selbst direkt durch den Hauptdetektor am Ausgang der Übertragungsstrecke erfolgen.

**Ansprüche:**

1. Verfahren zur Reduktion der in einem optischen Übertragungssystem (1) durch die Polarisationsmodendispersion hervorgerufene Verzerrung von optischen Impulsen (I), dadurch gekennzeichnet, daß unter Ansprechen der erfaßten Übertragungsgüte des Übertragungssystems eine Polarisationsstelleinrichtung (3) zum Einstellen der Polarisation des optischen Impulses derart angesteuert wird, daß die Übertragungsgüte maximiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Polarisation der optischen Impulse zur Optimierung der Übertragung in vorbestimmten Zeitabständen erneut eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Polarisation des optischen Signals (I) am Anfang des optischen Übertragungssystems geregelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, oder 2 **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels der Polarisationsstelleinrichtung (3) die Polarisation der optischen Impulse am Ende des optischen Übertragungssystems (5) verändert wird und das Signal (I) nach dem optischen Übertragungssystem einen Analysator (6) durchläuft.
5. Optisches Übertragungssystem (1) mit reduzierbarer Verzerrung des das System durchlaufende optische Impulse zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend
  - ein optisches Übertragungsmedium

- eine Einrichtung (2) zur Bestimmung der Übertragungsgüte des Übertragungssystems, dessen Ausgangssignal am Eingang
  - einer Regeleinrichtung (4) anliegt, die eine
  - Polarisationsstelleinrichtung (3) zum Verändern der Polarisation der optischen Impulse derart ansteuert, daß eine Optimierung der Übertragungsgüte erfolgt.
6. Optisches Übertragungssystem Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Polarisationsstelleinrichtung (3) am Eingang des Übertragungsmediums angeordnet ist.
7. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Polarisationsstelleinrichtung (3) am Ausgang des Übertragungsmediums angeordnet ist und weiterhin in Fortpflanzungsrichtung des Lichtes hinter der Polarisationsstelleinrichtung (3) ein Analysator (6) angeordnet ist.
8. Optisches Übertragungssystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
die Polarisationsstelleinrichtung (3) eine  $\lambda/4$ -Verzögerungseinrichtung, eine  $\lambda/2$ -Verzögerungseinrichtung und eine weitere  $\lambda/4$ -Verzögerungseinrichtung umfaßt, wobei die Verzögerungseinrichtungen in dieser Reihenfolge hintereinander angeordnet und jeweils einstellbar sind.



9. Optisches Übertragungssystem nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
der Analysator (6) ein linearer Analysator ist und die  
Polarisationsstelleinrichtung (3) eine  $\lambda/4$ - und eine  
 $\lambda/2$ -Verzögerungseinrichtung umfaßt, welche einstellbar  
sind.
10. Optisches Übertragungssystem nach einem der vorstehenden  
Ansprüche 5 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
zumindest eine Verzögerungseinrichtung ein  
Flüssigkristallelement umfaßt.
11. Optisches Übertragungssystem nach einem der vorstehenden  
Ansprüche 5 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
zumindest eine Verzögerungseinrichtung einen  
elektrooptischen Kristall umfaßt.
12. Optisches Übertragungssystem nach einem der vorstehenden  
Ansprüche 5 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
zumindest eine Verzögerungseinrichtung ein mechanisch,  
elektromotorisch oder piezoelektrisch verstellbares  
Element aus drei Faserschleifen umfaßt.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

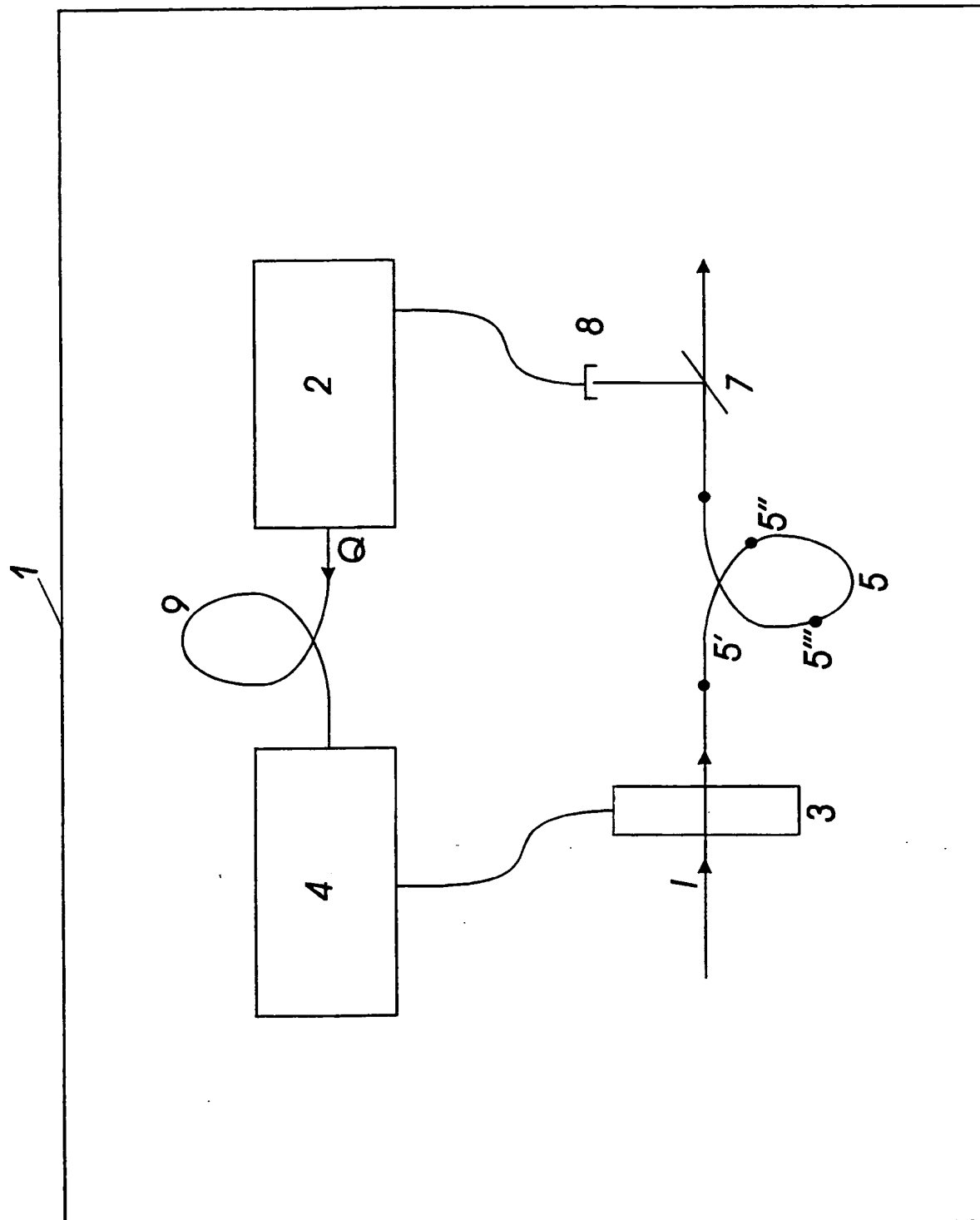


Fig. 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

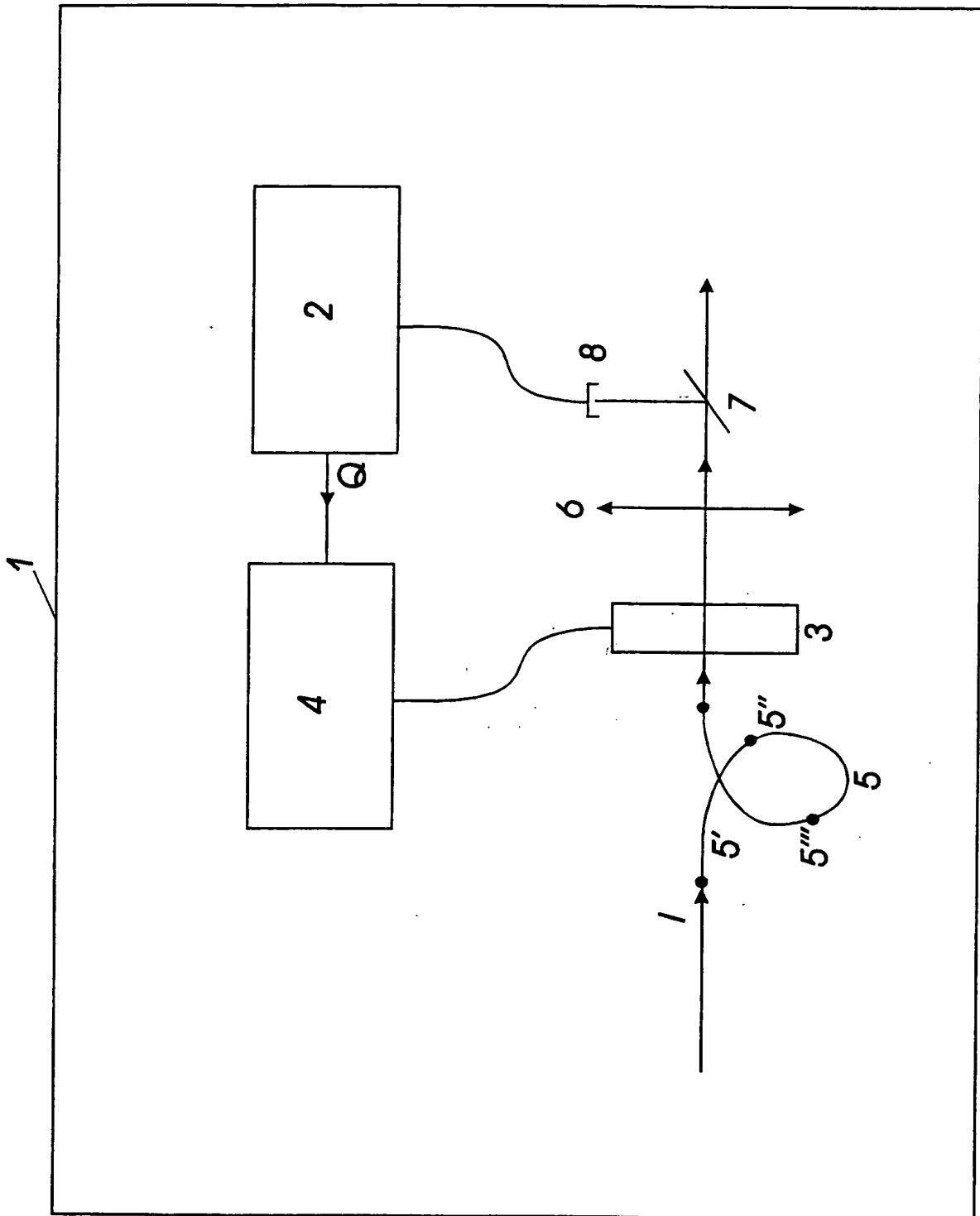


Fig. 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/EP 00/00320

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04B10/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WINTERS J H ET AL: "OPTICAL EQUALIZATION OF POLARIZATION DISPERSION" PROCEEDINGS OF THE SPIE, 1 January 1992 (1992-01-01), XP000568232 abstract page 348, line 6 -page 349, line 10 page 354, line 13 - line 28 page 355, paragraph 3	1-7
Y	figures 1,2,5,6	8,9,12
X	US 5 793 511 A (BUELOW HENNING) 11 August 1998 (1998-08-11) abstract column 1, line 34 - line 38 column 2, line 44 -column 3, line 43 figure 1	1,4,5,7, 10,11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 April 2000

Date of mailing of the international search report

10/05/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ribbe, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No  
PCT/EP 00/00320

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 716 516 A (AT & T CORP) 12 June 1996 (1996-06-12) abstract claim 7	8,9
Y	SHIMIZU H ET AL: "HIGHLY STABLE POLARIZATION CONTROLLER USING FIBER SQUEEZERS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), S, GOTHENBURG, CHALMERS UNIVERSITY, vol. CONF. 15, 1989, pages 543-546, XP000437825 page 543	12
A	MORKEL P R ET AL: "PMD-INDUCED BER PENALTIES IN OPTICALLY-AMPLIFIED IM/DD LIGHTWAVE SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, vol. 30, no. 10, 12 May 1994 (1994-05-12), pages 806-807, XP000464230 ISSN: 0013-5194 page 806, left-hand column, line 1 -right-hand column, line 11 figure 1	1,5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/00320

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5793511 A	11-08-1998	DE 19612604 A	02-10-1997
		AU 712993 B	18-11-1999
		AU 1654297 A	02-10-1997
		CA 2201393 A	29-09-1997
		EP 0798883 A	01-10-1997
		JP 10041890 A	13-02-1998
		NZ 314495 A	25-03-1998
EP 0716516 A	12-06-1996	US 5659412 A	19-08-1997
		JP 8262513 A	11-10-1996

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00320

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04B10/135

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04B G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WINTERS J H ET AL: "OPTICAL EQUALIZATION OF POLARIZATION DISPERSION" PROCEEDINGS OF THE SPIE, 1. Januar 1992 (1992-01-01), XP000568232 Zusammenfassung Seite 348, Zeile 6 -Seite 349, Zeile 10 Seite 354, Zeile 13 - Zeile 28 Seite 355, Absatz 3	1-7
Y	Abbildungen 1,2,5,6	8,9,12
X	US 5 793 511 A (BUELOW HENNING) 11. August 1998 (1998-08-11) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 34 - Zeile 38 Spalte 2, Zeile 44 -Spalte 3, Zeile 43 Abbildung 1	1,4,5,7, 10,11
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. April 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/05/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ribbe, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Jonales Aktenzeichen  
PCT/EP 00/00320

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
------------	--	--------------------

Y	EP 0 716 516 A (AT & T CORP) 12. Juni 1996 (1996-06-12) Zusammenfassung Anspruch 7	8,9
---	---	-----

Y	SHIMIZU H ET AL: "HIGHLY STABLE POLARIZATION CONTROLLER USING FIBER SQUEEZERS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), S. GOTHENBURG, CHALMERS UNIVERSITY, Bd. CONF. 15, 1989, Seiten 543-546, XP000437825 Seite 543	12
---	--	----

A	MORKEL P R ET AL: "PMD-INDUCED BER PENALTIES IN OPTICALLY-AMPLIFIED IM/DD LIGHTWAVE SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, Bd. 30, Nr. 10, 12. Mai 1994 (1994-05-12), Seiten 806-807, XP000464230 ISSN: 0013-5194 Seite 806, linke Spalte, Zeile 1 -rechte Spalte, Zeile 11 Abbildung 1	1,5
---	--	-----

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00320

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5793511 A	11-08-1998	DE 19612604 A	02-10-1997
		AU 712993 B	18-11-1999
		AU 1654297 A	02-10-1997
		CA 2201393 A	29-09-1997
		EP 0798883 A	01-10-1997
		JP 10041890 A	13-02-1998
		NZ 314495 A	25-03-1998
EP 0716516 A	12-06-1996	US 5659412 A	19-08-1997
		JP 8262513 A	11-10-1996

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**